

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re the Application of:

JIN SOO KIM, ET AL.

Application No.:

Filed:

For: **Method of Forming High-Quality  
Quantum Dots By Using A Strained  
Layer**

Art Group:

Examiner:

Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

**REQUEST FOR PRIORITY**

Sir:

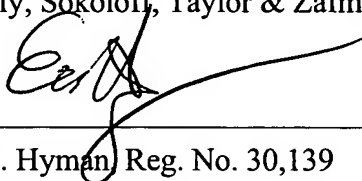
Applicant respectfully requests a convention priority for the above-captioned application, namely:

<u>COUNTRY</u>	<u>APPLICATION NUMBER</u>	<u>DATE OF FILING</u>
Korea	10-2003-0027986	1 May 2003

☒ A certified copy of the document is being submitted herewith.

Respectfully submitted,

Blakely, Sokoloff, Taylor & Zafman LLP



Eric S. Hyman Reg. No. 30,139

Dated: \_\_\_\_\_

12/12/03

12400 Wilshire Boulevard, 7th Floor  
Los Angeles, CA 90025  
Telephone: (310) 207-3800



별첨 사본은 아래 출원의 원본과 동일함을 증명함.

This is to certify that the following application annexed hereto is a true copy from the records of the Korean Intellectual Property Office.

출원 번호 : 10-2003-0027986  
Application Number

출원 년 월 일 : 2003년 05월 01일  
Date of Application MAY 01, 2003

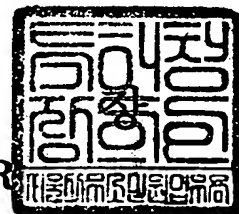
출원인 : 한국전자통신연구원  
Applicant(s) Electronics and Telecommunications Research Institute



2003      년      05      월      28      일

특      허      청

COMMISSIONER



## 【서지사항】

【서류명】	특허출원서
【권리구분】	특허
【수신처】	특허청장
【참조번호】	0008
【제출일자】	2003.05.01
【국제특허분류】	H01L
【발명의 명칭】	응력층을 이용한 양질의 양자점 형성 방법
【발명의 영문명칭】	Formation of high quality quantum dots by using a strained layer
【출원인】	
【명칭】	한국전자통신연구원
【출원인코드】	3-1998-007763-8
【대리인】	
【성명】	이영필
【대리인코드】	9-1998-000334-6
【포괄위임등록번호】	2001-038378-6
【대리인】	
【성명】	이해영
【대리인코드】	9-1999-000227-4
【포괄위임등록번호】	2001-038396-8
【발명자】	
【성명의 국문표기】	한원석
【성명의 영문표기】	HAN, Won Seok
【주민등록번호】	701217-1408511
【우편번호】	305-804
【주소】	대전광역시 유성구 신성동 한울아파트 106동 604호
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	김진수
【성명의 영문표기】	KIM, Jin Soo
【주민등록번호】	720825-1520920

【우편번호】	302-728
【주소】	대전광역시 서구 내동 서우아파트 202동 1005호
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	이진홍
【성명의 영문표기】	LEE, Jin Hong
【주민등록번호】	640206-1006541
【우편번호】	305-350
【주소】	대전광역시 유성구 가정동 161번지
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	홍성의
【성명의 영문표기】	HONG, Sung Ui
【주민등록번호】	710228-1405614
【우편번호】	305-350
【주소】	대전광역시 유성구 가정동 161번지
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	곽호상
【성명의 영문표기】	KWACK, Ho Sang
【주민등록번호】	751203-1058511
【우편번호】	305-350
【주소】	대전광역시 유성구 가정동 161번지
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	오대곤
【성명의 영문표기】	OH, Dae Kon
【주민등록번호】	590707-1002328
【우편번호】	305-390
【주소】	대전광역시 유성구 전민동 엑스포아파트 509-702
【국적】	KR
【심사청구】	청구

**【취지】**

특허법 제42조의 규정에 의한 출원, 특허법 제60조의 규정에 의한 출원심사를 청구합니다. 대리인

이영필 (인) 대리인

이해영 (인)

**【수수료】**

【기본출원료】 14 면 29,000 원

【가산출원료】 0 면 0 원

【우선권주장료】 0 건 0 원

【심사청구료】 7 항 333,000 원

【합계】 362,000 원

【감면사유】 정부출연연구기관

【감면후 수수료】 181,000 원

**【기술이전】**

【기술양도】 희망

【실시권 허여】 희망

【기술지도】 희망

**【첨부서류】**

1. 요약서·명세서(도면)\_1통

**【요약서】****【요약】**

양자점 형성 방법을 제공한다. 본 발명은 InP 기판 상에 완충층 및 얇은  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$  응력층을 순차적으로 형성한 후, 상기 얇은  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$  응력층 상에 In(Ga)As 양자점을 형성한다. 이와 같이 마련된 시료는 In(Ga)As 양자점의 균일도가 현저하게 증가하여 포토루미네선스의 반치폭이 감소하며 발광 세기가 현저히 증가한다. 따라서, 본 발명에 따른 In(Ga)As 양자점을 레이저 다이오드와 같은 발광소자나 광검출기 등의 광소자의 활성층으로 응용하였을 때 그 소자 특성이 개선될 수 있다.

**【대표도】**

도 1c

**【명세서】****【발명의 명칭】**

응력층을 이용한 양질의 양자점 형성 방법{Formation of high quality quantum dots by using a strained layer}

**【도면의 간단한 설명】**

도 1a 내지 도 1d는 본 발명에 따른 응력층을 이용한 양자점의 형성방법을 설명하기 위한 개략도들이다.

도 2a 내지 도 2c는 종래 기술 및 본 발명에 의해 양자점을 형성한 시료의 AFM(Atomic Force Microscopy) 이미지를 도시한 도면들이다.

도 3a는 종래 기술 및 본 발명에 의해 양자점을 형성한 시료를 상온에서 발광 파장에 따라 포토루미네스스의 강도를 측정한 그래프이다.

도 3b는 본 발명에 의해 양자점을 형성한 시료를 상온에서 포톤 에너지에 따라 포토루미네스스의 강도를 측정한 그래프이다.

**【발명의 상세한 설명】****【발명의 목적】****【발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술】**

<5> 본 발명은 양자점의 형성 방법에 관련된 것으로, 보다 상세하게는 레이저 다이오드나 광검출기와 같은 광소자의 활성층으로 이용할 수 있는 양질의 양자점의 형성 방법에 관한 것이다.

- <6> 최근, 별도의 리소그래피 공정을 진행하지 않고 격자 불일치층의 응력이완 과정을 이용하여 양자점을 형성하는 스트란스키-크라스타노브 성장 방법 (Stranski-Krastanow growth method)에 대한 연구가 다양하게 진행되고 있다.
- <7> 특히, 양자점을  $1.3\mu\text{m}$  과  $1.55\mu\text{m}$ 의 파장영역을 이용한 광통신 분야에 응용하기 위한 연구가 활발하게 진행되고 있다.  $1.3\mu\text{m}$  파장 영역에서는 GaAs 기판 상에 성장한 In(Ga)As 양자점 레이저 다이오드에 대한 연구 결과가 발표되고 있다. 더하여,  $1.55\mu\text{m}$  파장 영역에서는 InP 기판 위에 InAl(Ga)As층(이하에서, ( )로 표시된 물질은 포함될 수도 있고, 포함되지 않을 수도 있는 것을 의미한다. 즉, InAl(Ga)As층이라고 표현되어 있을 경우, InAlAs층일수도 있고, InAlGaAs층일 수도 있다.)이나 InGaAsP층을 이용하여 성장한 In(Ga)As 양자점에 연구가 진행되고 있다.
- <8> 그런데, In(Ga)As 양자점을 InAl(Ga)As층 위에 형성하는 경우, 양자점의 균일도가 좋지 않아 포토루미네슨스의 반치폭(FWHM, full-width at half-maximum)이 매우 넓은 뿐만 아니라 발광 세기가 매우 약하고, 이에 따라 상기 양자점을 광소자의 활성층으로 응용하고자 할 때 많은 문제점이 있다.
- 【발명이 이루고자 하는 기술적 과제】**
- <9> 따라서, 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는 균일도가 좋아 포토루미네슨스의 반치폭이 좁고 발광 세기가 큰 광특성을 얻을 수 있는 양자점 형성 방법을 제공하는 데 있다.



## 【발명의 구성 및 작용】

- <10>       상기 기술적 과제를 달성하기 위하여, 본 발명은 InP 기판 상에 완충층을 형성한다. 상기 완충층은 InAlAs, InAlGaAs, InP, InGaAsP 또는 이들로 구성된 이중접합층으로 형성할 수 있다. 상기 완충층 상에  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$  응력층을 형성한다. 상기  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$  응력층의 In의 조성비를 0.05~0.45로 형성하는 것이 바람직하다. 상기  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$  응력층의 두께를 0.5 nm~10 nm로 형성하는 것이 바람직하다. 상기  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$  응력층 상에 In(Ga)As 양자점을 형성한다. 상기 In(Ga)As 양자점의 두께는 3 모노레이어(Monolayer)에서 10 모노레이어로 형성하는 것이 바람직하다.
- <11>       이상과 같이 본 발명의 양자점 형성 방법에 의해 마련된 시료는 In(Ga)As 양자점의 균일도가 현저하게 좋아져 포토루미네슨스의 반치폭이 감소하며 발광 세기를 현저히 증가시킬 수 있다.
- <12>       이하, 첨부도면을 참조하여 본 발명의 실시예를 상세히 설명한다. 그러나, 다음에 예시하는 본 발명의 실시예는 여러 가지 다른 형태로 변형될 수 있으며, 본 발명의 범위가 다음에 상술하는 실시예에 한정되는 것은 아니다. 본 발명의 실시예는 당 업계에서 평균적인 지식을 가진 자에게 본 발명을 보다 완전하게 설명하기 위하여 제공되어지는 것이다. 도면에서 막 또는 영역들의 크기 또는 두께는 명세서의 명확성을 위하여 과장되어진 것이다. 또한, 어떤 막이 다른 막 또는 기판의 "위(상)"에 있다라고 기재된 경우, 상기 어떤 막이 상기 다른 막의 위에 직접 존재할 수도 있고, 그 사이에 제3의 다른 막이 개재될 수도 있다.
- <13>       도 1a 내지 도 1d는 본 발명에 따른 응력층을 이용한 양자점의 형성방법을 설명하기 위한 개략도들이다.

- <14> 구체적으로, InP 기판(1) 상에 격자 정합한(lattice-matched) 완충층(3)을 형성한다. 상기 완충층(3)은 InAlAs, InAlGaAs, InP, InGaAsP 또는 이들로 구성된 이중접합층으로 형성한다(도 1a).
- <15> 다음에, 상기 완충층(3) 상에 두께가 얇은  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$  응력층(5, strained layer)을 형성한다. 상기  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$  응력층(5)의 In의 조성비를 0.05~0.45로 형성한다. 상기  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$  응력층(5)의 두께를 0.5 nm~10 nm로 형성한다. 상기  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$  응력층(5)은 균일도가 높은 양질의 양자점을 형성하기 위하여 상기 완충층(3)의 표면 구조를 변화시키고 양자점 성장에 필요한 응력 에너지를 변조시키기 위하여 형성한다(도 1b).
- <16> 다음에, 상기  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$  응력층(5) 위에 In(Ga)As 양자점(7)을 형성한다. 상기 In(Ga)As 양자점(7)은 유기금속화학증착법(MOCVD), 분자선증착법(MBE) 또는 화학선 증착법(CBE)을 이용하여 형성한다. 상기 In(Ga)As 양자점의 두께는 3 모노레이어(Monolayer)에서 10 모노레이어로 형성한다. 더하여, 본 실시예에서는 상기  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$  응력층(5) 및 In(Ga)As 양자점(7)을 형성할 때 적층 주기를 1주기만 표현하였으나, 1주기에서 30주기로 형성할 수도 있다(도 1c).
- <17> 다음에, 상기 In(Ga)As 양자점(7) 상에 상기 In(Ga)As 양자점(7)을 충분히 덮도록 캡핑층(9)을 형성한다. 상기 캡핑층(9)은 InAlAs, InAlGaAs, InP, InGaAsP 또는 이들로 구성된 이중접합층으로 형성한다(도 1d).
- <18> 도 2a 내지 도 2c는 종래 기술 및 본 발명에 의해 양자점을 형성한 시료의 AFM(Atomic Force Microscopy) 이미지를 도시한 도면들이다.

- <19> 구체적으로, 도 2a는 종래 기술에 따라 InP 기판 상에 InAlAs 완충층을 형성한 후 상기 InAlAs 완충층 상에 In(Ga)As 양자점을 성장시킨 시료의 표면 이미지이다. 도 2a에 보듯이 In(Ga)As 양자점의 모양이 [1-10] 방향으로 길게 늘어진 형태를 보여 주고 있다. 이는 In(Ga)As 양자점의 형성에 영향을 주는 InAlAs 합금(Alloy)의 표면 구조 때문으로 사료된다.
- <20> 도 2b는 종래 기술에 따라 InP 기판 상에 InAlGaAs 완충층을 형성한 후, 상기 InAlGaAs 완충층 상에 In(Ga)As 양자점을 성장시킨 시료의 표면 이미지이다. 도 2b에 보듯이 In(Ga)As 양자점의 크기가 도 2a의 시료보다 약간 증가하였고 모양이 좀더 구형의 형태임을 알 수 있다. 이는 InAlGaAs 표면이 Ga, Al의 확산(Diffusion) 및 스틱킹(Sticking) 상수차에 의해서 InAlAs 완충층과는 다른 형태의 표면을 구성하기 때문으로 사료된다.
- <21> 도 2c는 본 발명에 따라 InP 기판 상에 InAlGaAs 완충층 및 얇은  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$  응력층을 순차적으로 형성한 후, 상기 얇은  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$  응력층 상에 In(Ga)As 양자점을 성장시킨 시료의 표면 이미지이다. 도 2c에 보듯이 도 2a 및 도 2b와 비교하여 In(Ga)As 양자점의 형태가 구형에 가깝고 크기가 증가하였으며, 균일도가 현저하게 증가하였음을 알 수가 있다. 이는 3차원 양자 구속효과를 갖는 초미세 구조인 양자점의 이상적이 특성에 좀더 가까워지고 있음을 나타내준다. 결과적으로, 본 발명과 같이  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$  응력층을 이용하여 양자점을 형성한 시료는 종래 기술과 비교하여 In(Ga)As 양자점의 모양이 현저하게 달라지고 균일도가 증가하였음을 알 수가 있다.
- <22> 도 3a는 종래 기술 및 본 발명에 의해 양자점을 형성한 시료를 상온에서 발광 파장에 따라 포토루미네선스의 강도를 측정한 그래프이고, 도 3b는 본 발명에 의해 양자점을

형성한 시료를 상온에서 포톤 에너지에 따라 포토루미네슨스의 강도를 측정한 그래프이다.

<23> 구체적으로, 도 3a 및 도 3b에서 본 발명은 InP 기판 상에 InAlGaAs 완충층 및 얇은  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$  응력층을 순차적으로 형성한 후, 상기 얇은  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$  응력층 상에 In(Ga)As 양자점을 성장시킨 시료(참조부호 "a"로 표시)이고, 종래 기술은 InP 기판 상에 InAlAs 완충층을 형성한 후 상기 InAlAs 완충층 상에 In(Ga)As 양자점을 성장시킨 시료(참조부호 "b"로 표시)이거나, InP 기판 상에 InAlGaAs 완충층을 형성한 후 상기 InAlGaAs 완충층 상에 In(Ga)As 양자점을 성장시킨 시료(참조부호 "c"로 표시)이다.

<24> 도 3a 및 도 3b에 표시하는 바와 같이, 본 발명과 같이  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$  응력층 상에 In(Ga)As 양자점을 형성한 시료의 상온(300K) 포토루미네슨스의 반치폭과 발광세기가 종래 기술에 비하여 크게 향상되었음을 알 수 있다.

<25> 더하여, 종래 기술에 따라 InAlAs층 위에 In(Ga)As 양자점을 형성한 시료는 상온 포토루미네슨스의 반치폭은 104 meV이고, InAlGaAs층 위에 In(Ga)As 양자점을 형성한 시료는 상온 포토루미네슨스의 반치폭은 76 meV로 나타났다.

<26> 그러나, 본 발명에 따라  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$  응력층 상에 In(Ga)As 양자점을 형성한 시료는 도 3b에 도시된 바와 같이 상온 포토루미네슨스의 반치폭이 64 meV로 현저하게 좁아진 것을 알 수가 있다. 이와 같은 결과는 도 2에 나타나 있는 AFM 결과에 보시는 바와 같이 양자점의 균일도가 증가되었기 때문으로 사료된다. 더하여, 본 발명에 따라 형성한 시료는 발광 세기는 종래 기술에 따른 시료에 비해서 약 2.5 배 정도 증가하였음을 알 수 있다.

**【발명의 효과】**

<27> 상술한 바와 같이 본 발명의 양자점 형성 방법은 InP 기판 상에 완충층 및 얇은  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$  응력층을 순차적으로 형성한 후, 상기 얇은  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$  응력층 상에  $\text{In}(\text{Ga})\text{As}$  양자점을 형성한다. 이와 같이 마련된 시료는  $\text{In}(\text{Ga})\text{As}$  양자점의 균일도가 현저하게 좋아져 포토루미네스스의 반치폭이 감소하며 발광 세기가 현저히 증가한다. 따라서, 본 발명에 따른  $\text{In}(\text{Ga})\text{As}$  양자점을 레이저 다이오드와 같은 발광소자나 광검출기 등의 광소자의 활성층으로 응용하였을 때 그 소자 특성이 개선될 수 있다.

**【특허청구범위】****【청구항 1】**

InP 기판 상에 완충층을 형성하는 단계;

상기 완충층 상에  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$  응력층을 형성하는 단계; 및

상기  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$  응력층 상에  $\text{In}(\text{Ga})\text{As}$  양자점을 형성하는 단계를 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 하는 양자점 형성 방법.

**【청구항 2】**

제1항에 있어서, 상기 완충층은  $\text{InAlAs}$ ,  $\text{InAlGaAs}$ ,  $\text{InP}$ ,  $\text{InGaAsP}$  또는 이들로 구성된 이중접합층으로 형성하는 것을 특징으로 하는 양자점 형성 방법.

**【청구항 3】**

제1항에 있어서, 상기  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$  응력층의  $\text{In}$ 의 조성비를 0.05~0.45로 형성하는 것을 특징으로 하는 양자점 형성 방법.

**【청구항 4】**

제1항에 있어서, 상기  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$  응력층의 두께를 0.5 nm~10 nm로 형성하는 것을 특징으로 하는 양자점 형성 방법.

**【청구항 5】**

제1항에 있어서, 상기  $\text{In}(\text{Ga})\text{As}$  양자점은 유기금속화학증착법(MOCVD), 분자선증착법(MBE) 또는 화학선 증착법(CBE)을 이용하여 형성하는 것을 특징으로 하는 양자점 형성 방법.

**【청구항 6】**

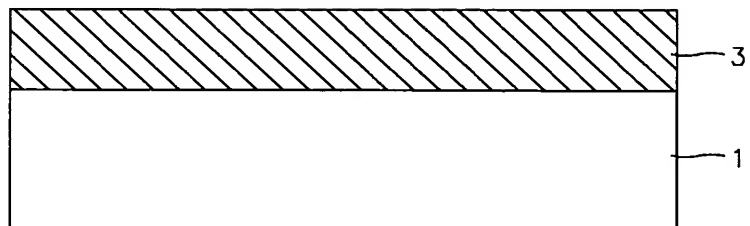
제1항에 있어서, 상기 In(Ga)As 양자점의 두께는 3 모노레이어(Monolayer)에서 10 모노레이어로 형성하는 것을 특징으로 하는 양자점 형성 방법.

**【청구항 7】**

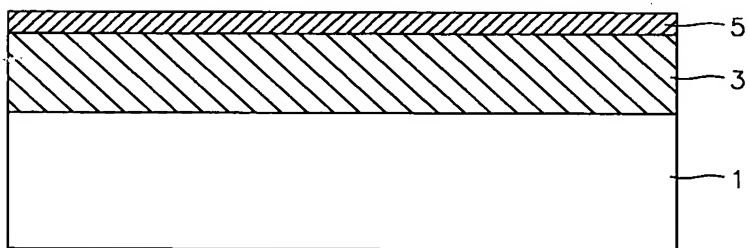
제1항에 있어서, 상기  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$  응력층 및 In(Ga)As 양자점을 형성할 때 적층 주기를 1주기에서 30주기로 하는 것을 특징으로 하는 양자점 형성 방법.

【도면】

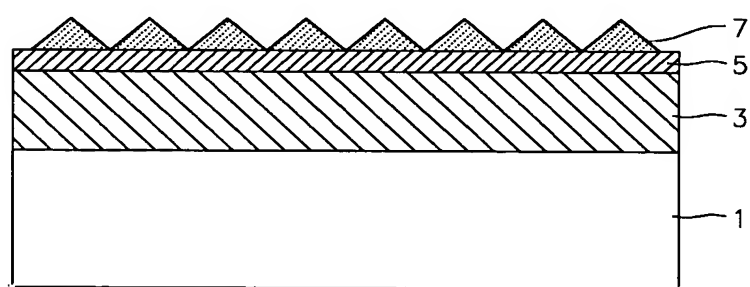
【도 1a】



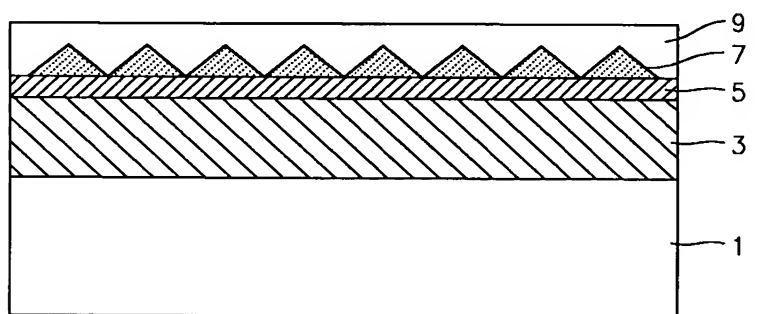
【도 1b】



【도 1c】

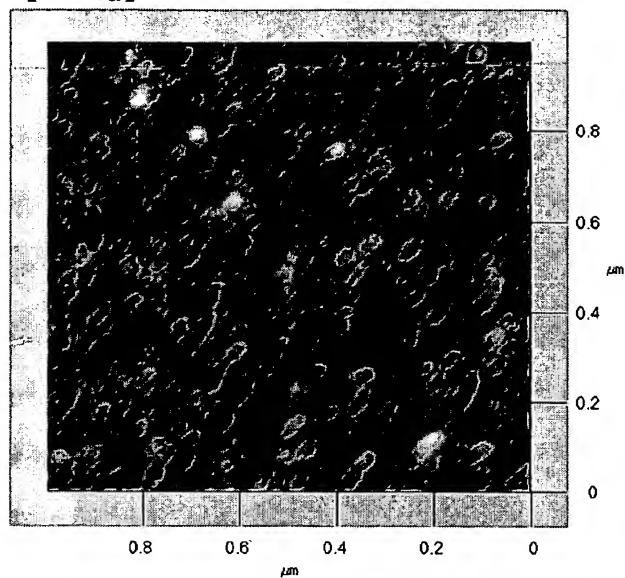


【도 1d】

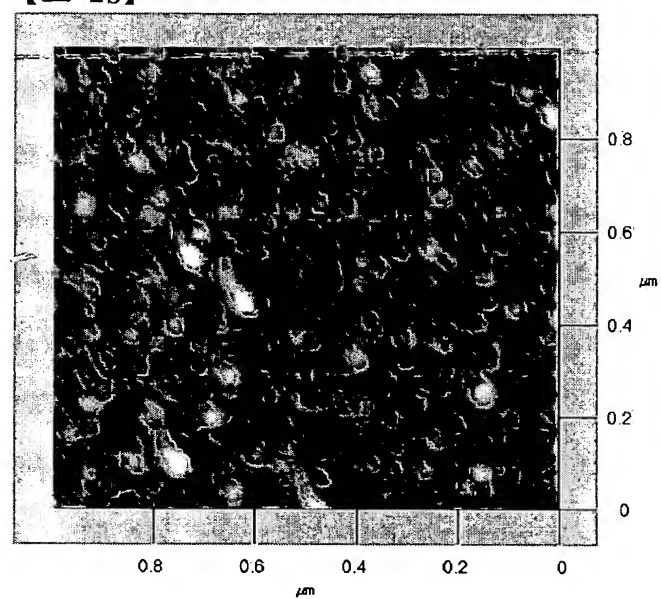




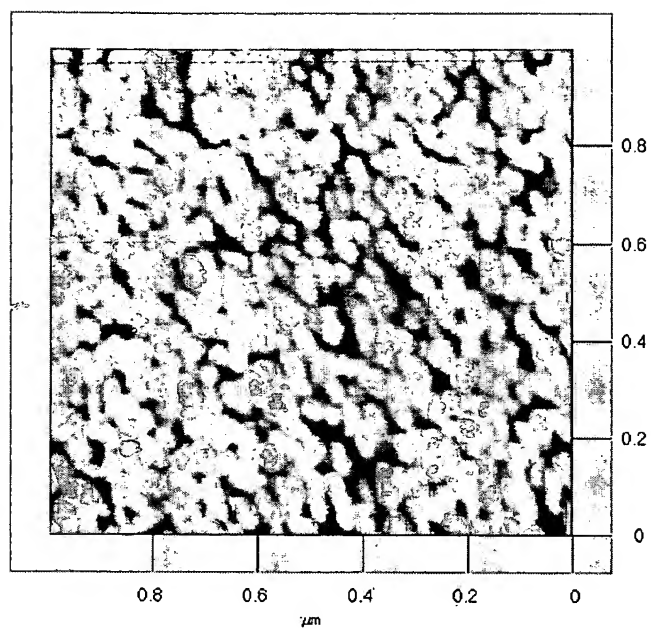
【도 2a】



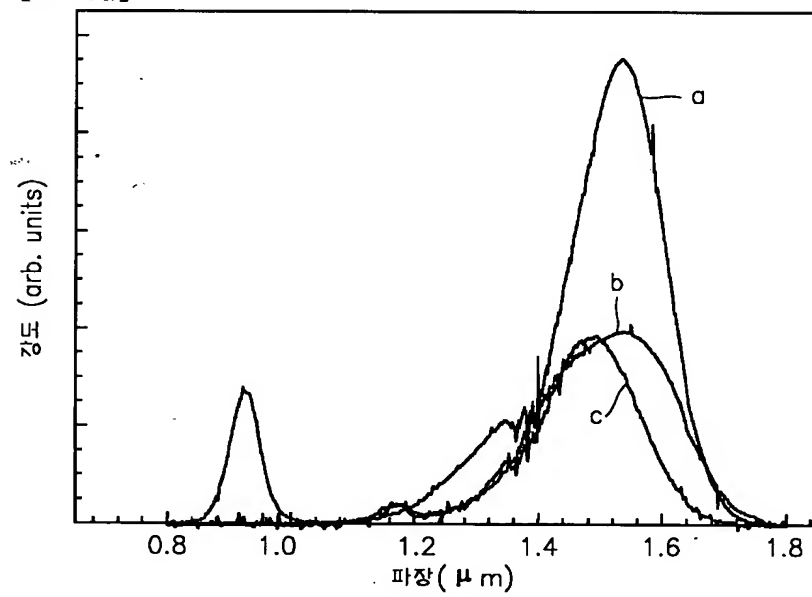
【도 2b】



【도 2c】



【도 3a】



【도 3b】

